

指先の接触運動における錯視情報の影響

綿谷 卓真*, 友國 伸保**, 黄 健**

Effect of visual illusion on a contact movement of hand

Takuma WATATANI, Nobuyasu TOMOKUNI and Jian HUANG

Abstract

Mechanism of motion generation of human upper limb has puzzled scientists for a long time because of its high redundancy on mechanical structure and various factors from the environment. It was reported that illusion exerts a strong effect on the human upper limb motion based on the planning-control model of Glover hypothesis. In this study, we investigated the influence of Müller-Lyer visual illusion on the upper limb movement by changing the fingertip contact conditions.

Key Words : Müller-Lyer Illusion, Motion Cognition, Motion Generation, Motion Capture, Upper limb movement

1. 緒言

現在、人間の体の運動は、様々な方法で研究され、スポーツ運動やロボティクスなど多くの分野で応用されている。特に人間の上肢運動は、視覚や触覚などの複数の感覚器官からのデータを相互利用し、しなやかに行われる。しかし、その人間の上肢運動における複数のデータを相互利用し、最適な運動を行うメカニズム自体はほとんど解明されていない^{(1)~(3)}。

そこで本稿では、人間の上肢運動のメカニズム解明の一端として、人間の視覚と運動の関係に着目する。これまでの研究から、Gloverのplanning-controlモデル仮説を用いて、錯視情報が実空間で人間の上肢運動に強い影響を与えていることが分かっている⁽⁴⁾。そのため、視覚情報が運動に及ぼす影響を計測するための手段として、ミュラー・リヤー(Müller-Lyer以下においてMLと記述する)錯視と運動の関係性について利用する。ML錯視は、同じ長さの直線の両端に矢羽をつけたときに、内側に開かれた矢羽(Arrow)は短く、外側に開かれた矢羽(Feather)を描かれた直線のほうが長く見えるという錯覚現象である⁽⁵⁾。この現象は、視覚情報から過去の経験を元に奥行き情報を

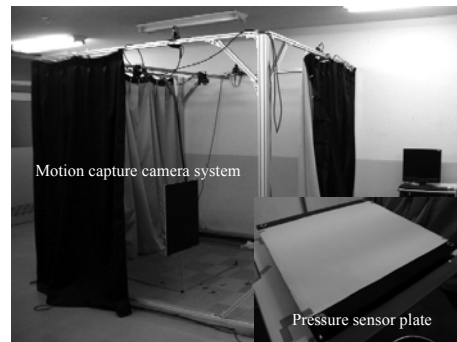


Fig. 1 Measurement system

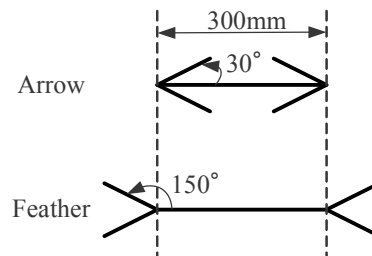


Fig. 2 Müller-Lyer Illusion

*近畿大学大学院システム工学研究科

**近畿大学工学部知能機械工学科

Graduate School of Eng., Kinki University
Dept. of Intelligent Mechanical Engineering
Faculty of Engineering, Kinki University

無意識に検出（推定）することによって生じるものとされており、3次元の実空間を認識するために必要な脳の機能の一部を反映しているものといえる。しかし、従来の研究では、視覚情報と上肢運動に重点を置いており、上肢運動時における指先の接触状況からの影響については検討されていない。そのため本研究では、錯視図形をビジュアル刺激として提示する時の上肢運動を測定し、さらに、接触条件の違いによる影響について調べる。その結果より、人間が視覚情報と指先の接触条件を関係させて最適な上肢運動を行うメカニズムについて調べていく。

2. 測定システム

本実験では、図1に示す1秒間に60フレームの撮影が可能なカメラ6台(XC-HR57, Sony(株))によって構成されるモーションキャプチャシステム(PRO-Tracker II, ディテクト(株))と、小型圧縮型ロードセル(LMA-A-20N型, 共和電業(株))によって構成される圧力センサプレートを用いる。

圧力センサプレートはモーションキャプチャシステムと連動して、測定したデータは互いの1フレームごとに対応するようにシステムを構成した。被験者中指の指先に反射マーカを設置することで、モーションキャプチャが指先のフレームごとの運動の軌跡を計測し、圧力センサプレートは、運動時の指先からのプレートに掛かる荷重を計測する。また、被験者にML錯視図形を見せるためにモーションキャプチャシステム領域内にプロジェクタを設置し、圧力プレート上に図形を投影する。

3. ML 錯視図形による影響

実験で用いる ML 錯視図形を作成し、その有用性を確認するための測定を行う。

そのため、図2に示す ML 錯視図形を Arrow, Feather と定義し、この2つに対する差である錯視の量を計測する。さらに、従来の研究を踏まえたうえ、直線の長さ 300mm, 矢羽の長さは本体の 1/3 の 100mm, 角度は Feather が 150°, Arrow が 30° という条件で、2つの ML 錯視図形を構成した^{(6) (7)}。

3.1 実験方法および条件

実験は、23~24歳の身長170cm前後の成人男性3名に、図3のように被験者の前にある圧力プレート中央上に300mmの直線を表示させる。その後、直線を消しML錯視図形を表示させ、先ほど見せた300mmの直線とML錯視図形の直線部分が同じ長さになるように被験者に調整してもらう。また、開始位置による差を減らすため、ML錯視図形の長さが300mmより短く、長くすることで長さを調整する場合を上昇系(T₁)、逆に、ML錯視図形の長さが300mmより長く、短くすることで長さを調節する場合を下降系(T₂)とした。この条件で、上昇系を3

回、下降系を3回ずつ各被験者が行い、各条件で得られた結果の平均値を表1に示す。

3.2 実験結果

表1より、Feather は平均で 263.01±6.44mm, Arrow は 345.26±0.73mm となった。結果として、Feather は基準より 37mm (12%) 程度短く、Arrow は 45mm (15%) 程度長いことが示された。この結果は、始めに直線を意識させることで、操作する図形との意識上の長さの差を埋めようとしたための結果だと考えられる。そのため、図4のように直線より長く見える Feather は短く、短く見える Arrow は長く調節したと考える。このことから、今

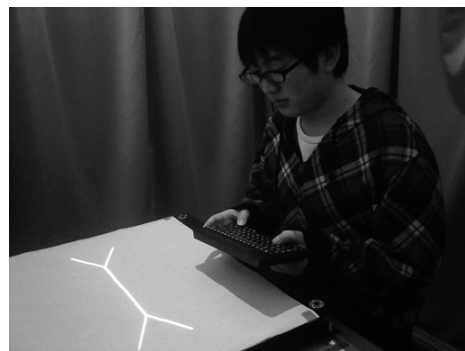


Fig. 3 Experiment scenery

Table 1 Results of illusion effect

Evaluated length (Feather)				
	Sub 1	Sub 2	Sub 3	Ave
T ₁	263.85	270.38	241.15	258.46
T ₂	252.69	271.54	278.46	267.56
Ave	258.27	270.96	259.81	263.01
Std	7.89	0.82	26.38	6.44

Evaluated length (Arrow)				
	Sub 1	Sub 2	Sub 3	Ave
T ₁	335.77	336.15	365.38	345.77
T ₂	322.69	361.15	350.38	344.74
Ave	329.23	348.65	357.88	345.26
Std	9.25	17.68	10.61	0.73

Evaluated length (Arrow - Feather)				
	Sub 1	Sub 2	Sub 3	Ave
T ₁	71.92	65.77	124.23	87.31
T ₂	70.00	89.62	71.92	77.18
Ave	70.96	77.69	98.08	82.24
Std	1.36	16.86	36.99	7.16

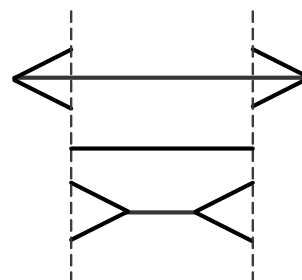


Fig. 4 Conceptual diagram

回作成した ML 錯視図形は、被験者に錯視効果を与えており実験に対する有用性を確認できたと言える。

4. 測定条件および方法

本実験では、23~24 歳の身長 170cm 前後の右利きの健常な成人男性 8 名に行ってもらった。被験者には、図 5 のように、まずモーションキャプチャ撮影域内の圧力センサプレートに中央に投影された ML 錯視図形を右腕の中指の先でなぞってもらった。その後、図 6 に示す ML 錯視図形を消し、上部、中央部、下部の 3 箇所の中から 1 つに投影された点を基点として先ほど覚えてもらった長さ分程指を動かしてもらった。これをランダムに 2 回ずつ、計 6 回分の計測を行う。図形の提示パターンは、予備実験で用いた Arrow, Feather の 2 種類の ML 錯視図形である。

さらに、この 6 回分の計測を指先接触による場合ごとに、接触させずに指を動かしてもらった場合 (A)、荷重を掛けずになぞってもらった場合 (B)、荷重を掛けた場合 (C) の 3 回分とし、図形パターンごと合計 36 回分の計測を 1 人分として被験者 8 人に計測を行った。今回の実験では、被験者に実験に関する先行知識は与えていない。

5. 結果と考察

図 7 は Feather, 図 8 は Arrow を用いた時の被験者 8 人の指先の平均移動距離をまとめたものである。図 9 は、Feather と Arrow の差である錯視量を被験者 8 人分のデータを平均化したものである。この 3

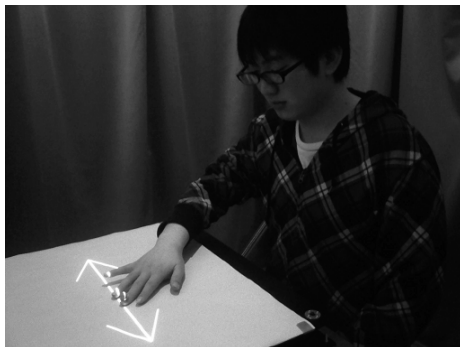


Fig. 5 Experiment scenery

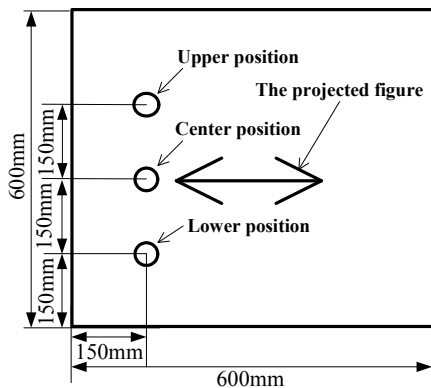


Fig. 6 Presentation of start points

つの図の縦軸は、距離や差の長さを表しており、横軸は、各接触条件 A, B, C ごとに分けたものである。また、3 つの棒グラフは、各位置条件である上部、中央部、下部に対応したものである。

まず、図 7, 8 より、Feather と Arrow には明確な差を確認することができる。これは具体的に、Feather は $297.40 \pm 13.72 \text{mm}$ 、Arrow は $277.86 \pm 16.24 \text{mm}$ の結果が出ており、約 20mm の Feather と Arrow の平均移動距離の差が得られ、本実験における錯視効果が確認された。

さらに、開始点による腕の運動の差からくる錯視に対する影響と、条件ごとによる接触方法による錯視量の差、条件ごとに比較して検討する。

5.1 位置条件による運動情報と錯視量への影響

図 7 の Feather の結果を見ると、指先の平均移動距離は中央部が長くなる傾向が出ていることがわかる。また、図 6 の Arrow における結果を見ても、同様に中央部の平均移動距離が長くなっている。さらに、図 8 の錯視量の結果では、被験者全体の傾向として上部、中央部、下部と錯視量が大きくなる傾向が出ている。これらの結果は、各接触条件において大きく変化する結果が見られないことから、位置条件による影響を確認することができた。

この位置条件による平均指先移動距離に対する影響は、位置の違いによる上肢の動かしやすさが原因の一つだと考える。この上肢の動かしやすさは、今回の計測では評価できる指標は無いため、今後は定量的に評価できるように上肢機構に可操作度などを用いて関係性を検討していきたい。

5.2 接触条件による運動情報と錯視量への影響

図 7, 8, 9 の接触条件の結果より、Feather と Arrow では指先の平均移動距離が A, B, C と順に指先に荷重を掛けた場合長くなる傾向が出ている。また、2 つの差である錯視量も荷重を掛けたほうが大きくなる傾向が出ている。

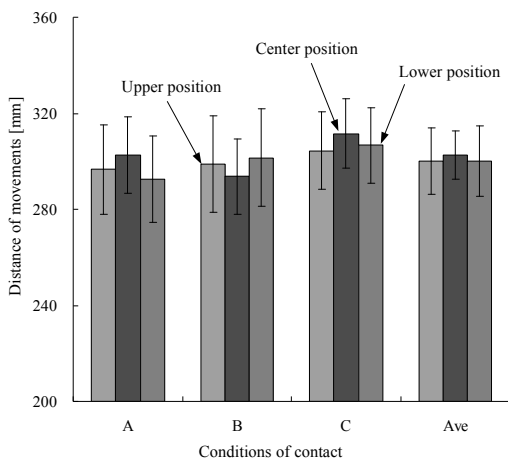
結果より、接触条件による指先への違いが、指先への運動、錯視量に多大な影響を与えることがわかった。このことから、接触条件である荷重の大きさを変化することで錯視量を調整できることが考えられ、今後はその関係性について調べていきたい。

6. 結言

本稿では、人間の四肢運動を視覚情報と触覚情報の複数の感覚器官からの情報の関係性から、四肢運動のメカニズムについて研究を行った。予備実験として ML 錯視図形を作成し、錯視図形の有用性を確認した。さらに、本実験として、モーションキャプチャと圧力センサプレートを連動させ、作成した ML 錯視図形を用いて四肢の運動情報と指先の接触状態との関連性について検討した。その結果、位置による指先の平均移動距離の差が観測され、Feather と Arrow の錯視量の差も確認されたため、接触条件の変化が錯視量に一定な影響を与えたことが確認された。

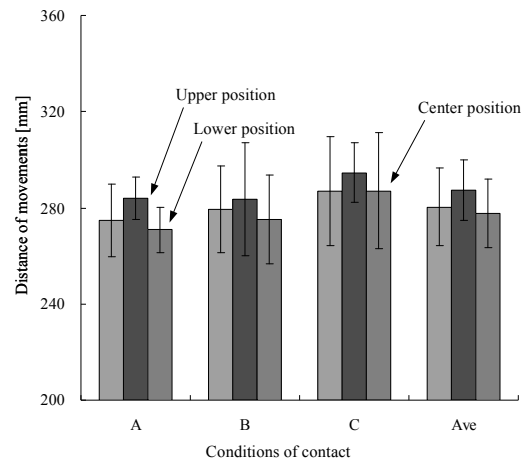
参考文献

- (1) 有本卓, “手の巧みさと解析力学: ベルンシュタイン問題 (身体運動の謎) への挑戦”, 物性研究, No.7, pp.625-655, 2004.
- (2) ニコライ・A・ベルンシュタイン (著), 工藤和俊・佐々木正人 (訳), “デクステリティー: 巧みさとその発達”, 金子書房, 2003.
- (3) Huang, J., Kosaka, S., Imamura, Y. and Yabuta, T., “Measurement of Distance Error in Reaching Movement of the Human Hand without Using Vision”, Proc. of 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS, pp.4866-4869, 2007.
- (4) 黄健, 小阪翔, 原正之, 藪田哲郎, “ミューラー・リヤー錯視による人間上肢運動の変化”, 計測自動制御学会論文集, Vol45, No.1, pp.69-71, 2009.
- (5) S.Glover, “Visual illusions affect planning but not control”, Trends in Cognitive Sciences, 6-7, pp. 288-292, 2002
- (6) 浜口恵治, “ミューラー・リヤー錯視と角度錯視の関係”, 基礎心理学研究, Vol. 13 (No.2), pp.89-92.
- (7) 下條信輔, “<意識>とは何だろうか—脳の来歴, 知120 覚の錯誤—”, 講談社現代新書, 2000.



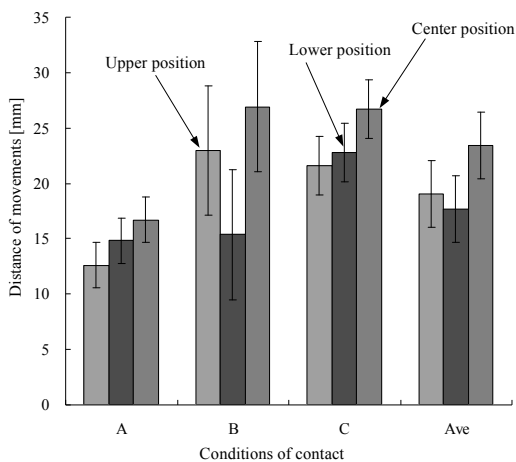
Evaluated length (Feather)				
	A	B	C	Ave
Upper	290.96	295.12	301.24	295.77
Center	297.99	293.19	306.18	299.12
Lower	289.68	298.99	303.25	297.31
Ave	292.88	295.77	303.56	297.40

Fig. 7 Results of moving distance (Feather) (Arrow) .



Evaluated length (Arrow)				
	A	B	C	Ave
Upper	278.36	272.15	279.65	276.72
Center	283.17	277.81	283.39	281.46
Lower	272.99	272.07	276.54	273.87
Ave	278.17	274.01	279.86	277.35

Fig. 8 Results of moving distance



Evaluated length (Feather - Arrow)				
	A	B	C	Ave
Upper	12.60	22.97	21.59	19.06
Center	14.82	15.38	22.79	17.66
Lower	16.69	26.93	26.71	23.44
Ave	14.70	21.76	23.70	20.05

Fig. 9 Results of moving distance (Feather - Arrow) .